



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Offenl gungsschrift**
10 **DE 199 27 849 A 1**

51 Int. Cl.⁶:
C 02 F 1/461
B 01 D 53/00
H 01 M 8/00

21 Aktenzeichen: 199 27 849.0
22 Anmeldetag: 18. 6. 99
43 Offenlegungstag: 23. 12. 99

66 Innere Priorität:
198 27 740. 7 22. 06. 98

71 Anmelder:
Institut für Umwelttechnologie und Umweltanalytik
e.V. (IUTA) - Institut an der
Gerhard-Mercator-Universität - Gesamthochschule
Duisburg, 47229 Duisburg, DE

74 Vertreter:
Cohausz Hannig Dawidowicz & Partner, 40237
Düsseldorf

72 Erfinder:
Erfinder wird später genannt werden

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Reinstwasser

DE 199 27 849 A 1

DE 199 27 849 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung von Reinstwasser aus Leitungswasser od. dgl.

Reinstwasser wird beispielsweise zum Ansetzen von wässrigen Lösungen, und zwar insbesondere im humanmedizinischen Bereich benötigt. Reinstwasser kann jedoch auch für weitere Anwendungen benötigt werden, beispielsweise als Reinigungsmittel in Bereichen, in denen es auf höchste Sauberkeit ankommt, wie z. B. bei der Halbleiterfertigung oder der Elektronikfertigung. Weitere Verwendung findet Reinstwasser als Reaktionspartner und Lösemittel in der Produktion und Applikationsvorbereitung von Arzneimitteln und Chemikalien. In diesem Anwendungsfall ist eine hohe Reinheit der Produkte gefordert, die in vielen Fällen nicht mit destilliertem oder deionisiertem Wasser erreicht werden kann. Des weiteren wird Reinstwasser auch in der Biotechnologie und der Nanotechnologie eingesetzt.

Wenn im folgenden von Leitungswasser als Ausgangswasser die Rede ist, ist hierunter jegliches Wasser aus öffentlicher Wasserversorgung, jedoch auch deionisiertes oder abgekochtes bzw. destilliertes Wasser zu verstehen.

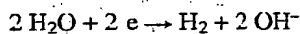
Zur Herstellung von Reinstwasser werden derzeit hauptsächlich die Membranfiltration, die Ultrafiltration, die Umkehrosmose, die Filtration mit Aktivkohle, Ionenaustauscher und Destillationsverfahren, wie die mehrstufige atmosphärische Destillation und die Vakuumdestillation eingesetzt.

Da die herkömmliche Erzeugung von Reinstwasser aufwendig und teuer ist, liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren bzw. eine Vorrichtung zu Herstellung von Reinstwasser anzugeben, bei denen der konstruktive und wirtschaftliche Aufwand minimiert sind.

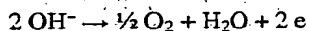
Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zur Herstellung von Reinstwasser aus Leitungswasser od. dgl., bei dem das Wasser zunächst elektrolytisch in Wasserstoff (H_2) und Sauerstoff (O_2) zerlegt wird, die beiden Gase getrennt einer Gasreinigung unterworfen werden und anschließend in einer Brennstoffzelle wieder in Wasser, nämlich Reinstwasser, umgewandelt werden.

Bei der Elektrolyse von Wasser laufen folgende Reaktionen ab:

Kathodischer Prozeß



Anodischer Prozeß



Diese elektrochemische Reaktion ist eine Phasengrenz- bzw. Heterogenreaktion, deren Reaktionsgeschwindigkeit linear von der Fläche der Elektroden abhängt. Daneben hat die Wahl des Elektrodenmaterials Einfluß auf die elektrische Ausbeute der Elektrolyse (individueller Austauschstromdichten). Dies gilt sowohl für die Elektrolyse als auch für die Oxidation von Wasserstoff in Brennstoffzellen. Da die Kinetik elektrochemischer Prozesse wesentlich durch die Eigenschaften des Elektrodenmaterials bestimmt wird, bekommt der Auswahl der Elektroden für die Elektrolyse und für die Brennstoffzelle besondere Bedeutung zu.

Nach einer weiteren Lehre der Erfindung wird die in der Brennstoffzelle entstehende elektrische Energie für die Durchführung der Elektrolyse genutzt. Daher ist – abgesehen von den spezifischen Wirkungsgraden – die Elektrolyse und Wassergewinnung aus den Gasen gemäß der thermody-

namischen Lehre energisch weitgehend neutral. Darüber hinaus ist es auch möglich, die Brennstoffzelle auch mit hochreinem Wasserstoff aus Druckgasbehältern und Luftsauerstoff, beide Gase nachgereinigt, zu beschicken.

Hinsichtlich der erfindungsgemäßen Vorrichtung besteht die Lösung der Aufgabe in einem System aus einer Elektrolyseeinheit, wenigstens zwei Gasreinigungseinheiten und einer Brennstoffzelle.

Die Elektrolysezelle ist in weiterer Ausgestaltung der Erfindung in mehrere Zersetzungszellen unterteilt und als Diaphragmatrennung ausgebildet. So können Wasserstoff und Sauerstoff getrennt und jeweils der zugehörigen Gasreinigungseinheit zugeführt werden.

Die Gasreinigung dient zunächst dem Abscheiden mitgerissener Flüssigkeitströpfchen, also der Trocknung des jeweiligen Gases, kann aber auch zum Binden von CO_2 , beispielsweise mittels Calciumoxid (CaO) dienen. Dazu kann ein Tropfenabscheider Bestandteil der Gasreinigungseinheiten sein. Darüber hinaus sind jedoch auch mechanische Filterelemente oder Molekularsiebe einzeln oder in Kombination zur Gasreinigung einsetzbar.

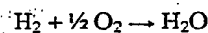
Zur Reinigung der Elektrolysegase H_2 und O_2 können durch entsprechend dimensionierte Adsorberkartuschen, gefüllt z. B. mit Aktivkohle oder Polymeren, Adsorbentien verwendet werden. Die Adsorbentien sollten vorher mit Reinstwasser mehrmals gespült sein.

Gemäß einer weiteren Lehre der Erfindung weist die Brennstoffzelle einen Feststoffelektrolyten auf, der aus Zirkondioxid (ZrO_2) bestehen kann, jedoch auch aus anderen Materialien bestehen kann.

Dabei ist es möglich, je nach Zielsetzung die Brennstoffzelle heiß, also im Bereich von 900 bis 1000°C zu betreiben und aus dem dabei entstehenden Wasserdampf Wärme zu gewinnen. Besonders geeignet als Elektrolyt für die Brennstoffzelle ist in dieser Ausgestaltung dotiertes ZrO_2 .

Bei Brennstoffzellentemperaturen von 80 bis 100°C arbeiten Festpolymerelektrolytmembran (PEM)-Brennstoffzellen mit Pt als Elektrodenmaterial. Hierbei können elektrische Wirkungsgrade von 70% für die Oxidation von Wasserstoff mit Sauerstoff erreicht werden.

Durch die Gesamtreaktion der Brennstoffzellen



ergibt sich eine theoretische Zellspannung von $U_0 = 1,23$ V, die aber im praktischen Betrieb aufgrund der inneren Verluste nicht erreicht wird. Typische Zellspannungen liegen bei etwa 0,7 V. Dabei werden die inneren Verluste hauptsächlich durch die Erwärmung der Brennstoffzelle und die kinetische bzw. elektrische Hemmung verursacht. Demzufolge reicht die bei der Oxidation von Wasserstoff in der Brennstoffzelle erzeugte elektrische Energie nicht aus, um die Wasserelektrolyse, die zur Zerlegung von 1 Mol H_2O theoretisch auch 1,23 V braucht, zu betreiben. Die benötigte Restenergie für die Wasserelektrolyse wird dem Prozeß von außen zugeführt.

Schließlich sieht eine weitere Ausgestaltung der Erfindung vor, daß die Elektrolyseeinheit, die Gasreinigungseinheiten und die Brennstoffzelle modular aufgebaut sind. Dadurch ist es möglich, jede beliebige Anlagengröße durch Hinzufügen weiterer Elektrolyse-, Gasreinigungs- bzw. Brennstoffzellen zu realisieren. Hierdurch lassen sich auch relativ kleine Anlagen bei steigendem Reinstwasserbedarf nachträglich erweitern.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand einer lediglich ein Ausführungsbeispiel darstellenden Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 den schematischen Aufbau des erfindungsgemäßen

Verfahrens und

Fig. 2 den prinzipiellen Aufbau einer Brennstoffstelle.

In Fig. 1 ist ein Wasserspeicher 1 dargestellt, der mit einer Elektrolyseeinheit 2 verbunden ist. Die Elektrolyseeinheit 2 ist aus einzelnen Zellen aufgebaut, die jeweils durch eine bipolare Elektrode 3 und ein Diaphragma 4 gebildet werden. Von den einzelnen Zellen führen jeweils Leitungen 5 und 6 über Adsorber 7 und 8 zu mehreren in Reihe geschalteten Brennstoffzellen 9. Der positive Pol der in Reihe geschalteten Brennstoffzellen 9 ist mit einem Brückengleichrichter 10 verbunden, während der negative Teil der in Reihe geschalteten Brennstoffzellen 9 mit dem negativen Pol der Elektrolyseeinheit 2 verbunden ist. Der Brückengleichrichter 10 ist mit dem positiven Pol der Elektrolyseeinheit 2 verbunden.

Im folgenden wird die Funktionsweise des in Fig. 1 dargestellten Verfahrens beschrieben. Das in Reinstwasser umzuwandelnde Wasser wird den einzelnen Zellen der Elektrolyseeinheit 2 aus dem Wasserspeicher 1 zugeführt. Das Wasser wird durch die an den bipolaren Elektroden 3 anliegende Spannung elektrolytisch in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt. Dabei fällt an der positiven Seite der bipolaren Elektroden 3 Sauerstoff (O_2) und an der negativen Seite der bipolaren Elektrode 3 Wasserstoff (H_2) an. Der anfallende Sauerstoff wird über die Leitungen 5 einem Adsorber 7 zur Gasreinigung zugeführt. Der Wasserstoff wird über die Leitung 6 ebenfalls einem Adsorber 8 zur Gasreinigung zugeführt. Der gereinigte Sauerstoff und Wasserstoff werden mehreren in Reihe geschalteten Brennstoffzellen 9 zugeführt, in denen sie unter Freisetzung von elektrischer Energie zu Reinstwasser vereint werden.

Da die in den in Reihe geschalteten Brennstoffzellen 9 frei werdende Energie nicht ausreicht, um die vollständige Elektrolyse in der Elektrolyseeinheit 2 zu versorgen, ist zwischen den Brennstoffzellen 9 und der Elektrolyseeinheit 2 ein Brückengleichrichter 10 vorgesehen, der die zusätzlich benötigte elektrische Energie liefert. Als Zufuhr zu dem Wasserspeicher 1 kann z. B. Wasser dienen, das aus einem wasserstoffreichen Gas in einer Primärbrennstoffzelle in Gegenwart von Luftsauerstoff zu Wasser gewandelt wurde. Die dabei erzeugte elektrische Energie und Abwärme kann zur allgemeinen Energiebereitstellung genutzt werden oder kann dazu dienen, das erhaltene Wasser von gasförmigen Verunreinigungen wie CO , CO_2 , NO_x usw. vorzureinigen.

In Fig. 2 ist der prinzipielle Aufbau einer Brennstoffzelle dargestellt. Die dargestellte Brennstoffzelle weist eine Kammer 11 zur Aufnahme von Wasserstoff, eine poröse Anode 12, eine Matrix 13 mit einem Elektrolyt, eine poröse Kathode 14 und eine Kammer 15 zur Aufnahme des Sauerstoffs auf.

Die in der Kammer 11 befindlichen Wasserstoffmoleküle H_2 werden an der porösen Anode 12 unter Abgabe von zwei Elektronen in zwei Wasserstoffionen H^+ aufgespalten. Die Wasserstoffionen H^+ diffundieren durch die elektronenundurchlässige Matrix 13. Die Sauerstoffmoleküle bilden an der porösen Kathode 14 unter Aufnahme von zwei Elektronen Sauerstoffanionen O^{2-} . Die Sauerstoffanionen O^{2-} reagieren mit den Wasserstoffanionen H^+ zu H_2O , das in Form von Wasserdampf aus der Kammer 15 abgegeben wird.

Die poröse Anode 12 und die poröse Kathode 14 weisen Katalysatoren auf, die aus Raney Nickel, Nickel, Platin, Palladium, Gold und/oder anderen Edelmetallen/Metallen bestehen. Wichtig ist jeweils die chemische Inertheit der Katalysatoren.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Reinstwasser aus

Leitungswasser od. dgl., bei dem das Wasser zunächst elektrolytisch in Wasserstoff (H_2) und Sauerstoff (O_2) zerlegt wird, die beiden Gase getrennt einer Gasreinigung unterworfen werden und anschließend in einer Brennstoffzelle wieder in Wasser, nämlich Reinstwasser, umgewandelt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die in der Brennstoffzelle entstehende elektrische Energie für die Elektrolyse genutzt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennstoffzelle auch mit hochreinem Wasserstoff aus Druckgasbehältern und Luftsauerstoff, beide Gase nachgereinigt, beschickt werden kann.

4. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 3, gekennzeichnet durch eine Elektrolyseeinheit (2), wenigstens zwei Gasreinigungseinheiten (7, 8) und einer Brennstoffzelle (9).

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektrolyseeinheit (2) mehrere Zersetzungszellen aufweist und als Diaphragmatrennung ausgebildet ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß als Gasreinigungseinheit (7) bzw. (8) ein Tropfenabscheider vorgesehen ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß als Gasreinigungseinheit (7) bzw. (8) ein mechanisches Filterelement vorgesehen ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß als Gasreinigungseinheit (7) bzw. (8) ein Molekularsieb vorgesehen ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß als Gasreinigungseinheit (7) bzw. (8) ein Adsorber vorgesehen ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennstoffzelle (9) einen Feststoffelektrolyten (12) bzw. (13) aufweist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß als Elektrolyt (12) bzw. (13) Zirkondioxid (ZrO_2) vorgesehen ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß als Elektrolyt (12) bzw. (13) Palladium (Pd) vorgesehen ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß als Elektrolyt (12) bzw. (13) Platin (Pt) vorgesehen ist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektrolyseeinheit (2) die Gasreinigungseinheiten (7, 8) und die Brennstoffzelle (9) modular aufgebaut sind.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

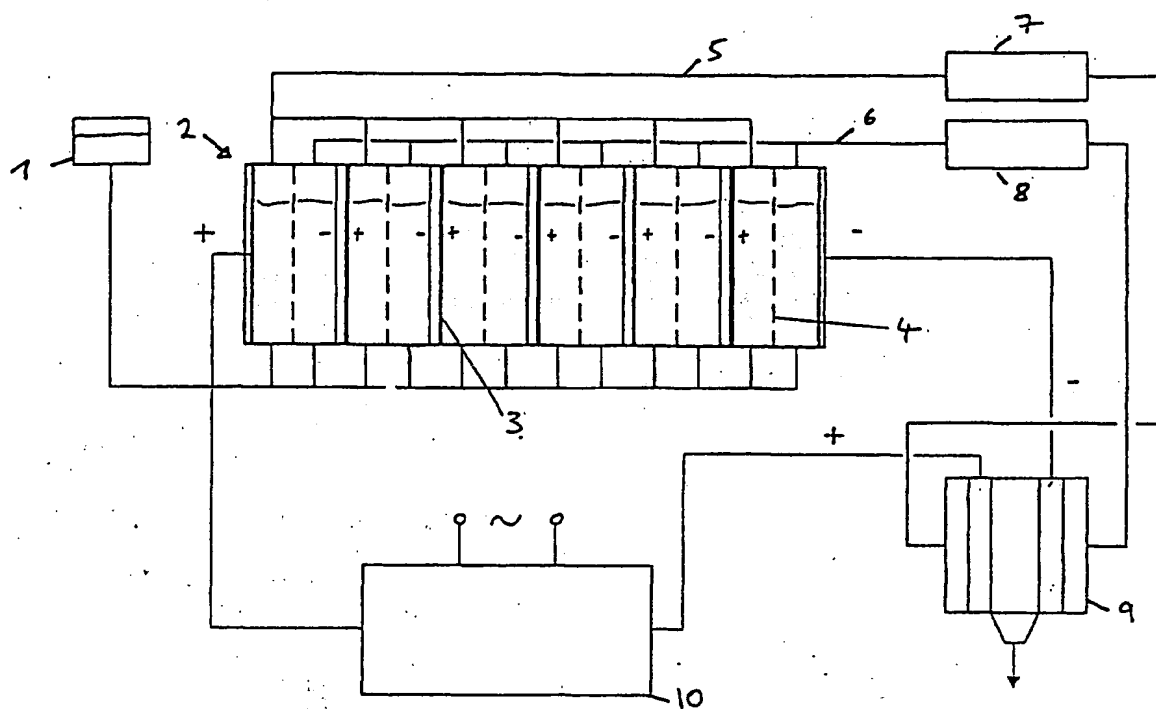


Fig. 1

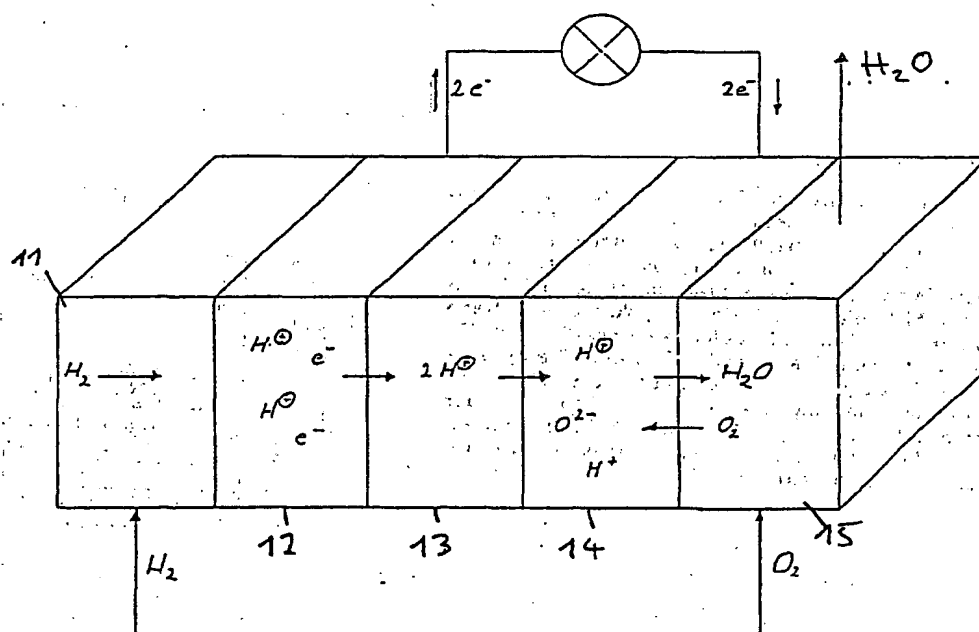


Fig. 2